

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. Januar 2001 (11.01.2001)

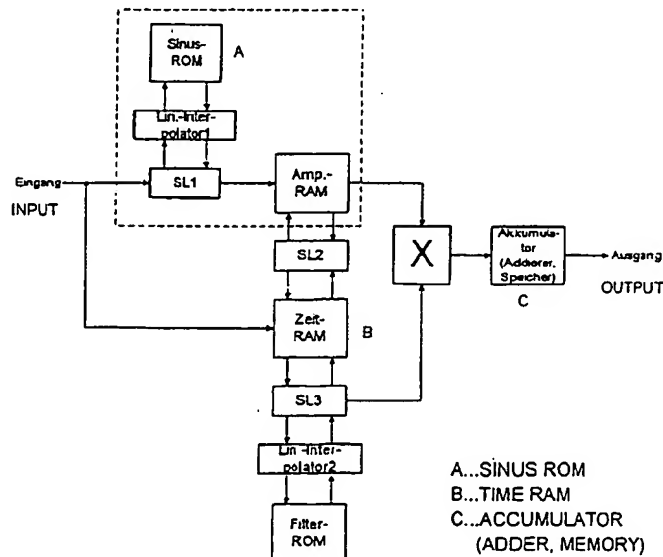
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/03295 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H03H 17/06, 17/02
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02088
- (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Juni 2000 (27.06.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 30 702.4 2. Juli 1999 (02.07.1999) DE
- (71) Anmelder und  
(72) Erfinder: BRAUN, Christoph [DE/DE]; Kapellenstr. 54, D-52355 Düren (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AT, AU, BB, BG, BR, CA, CH, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, HU, JP, KP, KR, LK, LU, MG, MN, MW, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SK, UA, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- Veröffentlicht:  
— Mit internationalem Recherchenbericht.  
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: FIR DECIMATION FILTER

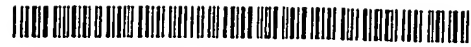
(54) Bezeichnung: FIR-DEZIMIERUNGSFILTER



(57) Abstract: The invention relates to a novel FIR filter for an AD converter according to a method contained in patent application DE 4333908. Said method is based on non equidistant signal scanning and requires a special digital FIR decimation filter. The inventive FIR filter is characterized by a linear interpolation of the filter coefficients, thereby resulting in a substantial reduction of memory requirements for said coefficients. The two data memories (RAM) for amplitude and time values are characteristic of the new filter structure. The invention provides for a sequential decimation filter requiring relatively simple circuitry.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/03295 A1



---

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein neuartiges FIR-Filter für einen AD-Wandler nach dem Verfahren aus der Patentschrift DE 43 33 908. Dieses Verfahren beruht auf einer nichtäquidistanten Signalabstastung und erfordert daher ein spezielles, digitales FIR-Dezimierungsfiler. Das erfindungsgemäße FIR-Filter ist durch eine lineare Interpolation der Filterkoeffizienten gekennzeichnet. Dadurch reduziert sich erheblich der Speicheraufwand für die Koeffizienten. Charakteristisch für die neue Filterstruktur sind die beiden Datenspeicher (RAM) für Amplituden- und Zeitwerte. Die Erfindung ermöglicht ein sequentielles Dezimierungsfiler mit relativ geringem Schaltungsaufwand.

Die Erfindung betrifft ein neuartiges FIR-Filter für einen AD-Wandler nach dem Verfahren aus der Patentschrift DE 43 33 908.

AD-Wandler entsprechend der Patentschrift DE 43 33 908 benötigen ein spezielles FIR-Filter, das im Normalfall einen großen schaltungstechnischen Aufwand bedeutet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, durch eine vorteilhafte Gestaltung des FIR-Filters den schaltungstechnischen Aufwand deutlich zu reduzieren.

Ein AD-Wandler nach dem Verfahren aus DE 43 33 908 geht aus einer linearen Pulsmodulation hervor. Diese Pulsmodulation basiert auf dem Vergleich eines sinusförmigen Trägersignals ( $S(t)$ ) mit dem analogen Eingangssignal ( $S_m(t)$ ) (Fig. 1). Bei Übereinstimmung beider Signale wird jeweils ein gleichförmiger Impuls (Dirac-Impuls) erzeugt. Das Frequenzspektrum dieser Pulsfolge  $P(t)$  (Fig. 1) ist in Fig. 2 dargestellt. Diese spezielle Art der Pulsmodulation setzt das ursprüngliche Tiefpaßsignal (Eingangssignal) in ein Bandpaßsignal mit der Trägersignalfrequenz ( $S(t)$ ) als Mittenfrequenz um.

Zur AD-Wandlung wird die zeitliche Lage der Impulse der Folge  $P(t)$  mit zwei Hochfrequenzzählern quantisiert (siehe Patentschrift DE 43 33 908).

Bei einem normalen, digitalen FIR-Filter ergibt sich die Größe des benötigten Koeffizientenspeichers aus der Impulsantwortlänge und der Abtastrate. In Fig. 3 ist der Zusammenhang zwischen Anzahl der benötigten Filterkoeffizienten, der Impulsantwortlänge dargestellt. Die Pulsfolge  $P_d(t)$  ergibt sich aus der zeitlichen Quantisierung der Pulsfolge  $P(t)$ . Fig. 3 zeigt die Impulsantwort eines Tiefpaßfilters. Aus Fig. 3 erkennt man, daß die Koeffizientenanzahl gleich der Anzahl der Quantisierungszeitintervalle  $n$  sein muß. Bei einer entsprechend hohen zeitlichen Auflösung werden daher sehr viele Koeffizienten benötigt.

Ein sequentielles FIR-Filter (Fig. 4) besteht im Wesentlichen aus einem RAM entsprechend der Impulsantwortlänge, dem Koeffizientenspeicher und einem Multiplizierer mit Akkumulator.

Die Steuerlogik SL (Fig. 4) speichert die Abtastwerte entsprechend der zeitlichen Reihenfolge in das RAM und wählt die Filterkoeffizienten aus. Der Multiplizierer bildet das Produkt aus den Abtastwerten und den Filterkoeffizienten, die dann im Akkumulator aufsummiert werden.

Die Erfindung bezieht sich auf ein sequentielles FIR-Filter für das AD-Wanderverfahren (DE 43 33 908). Dieses FIR-Filter muß zum Einen das Bandpaßsignal wieder ins Basisband verschieben und zum Anderen alle nichtlinearen Oberspektren unterdrücken, so daß die Ausgangsdatenrate auf die Nyquist-Rate des analogen Eingangssignals reduziert werden kann.

Dazu ist eine neuartige Struktur eines FIR-Filters notwendig, die zudem mit deutlich reduzierter Koeffizientenspeichergröße auskommt. Diese Probleme werden durch die erfindungsgemäße FIR-Filterstruktur gelöst.

Ein wesentliches Merkmal der Erfindung ist die lineare Koeffizienteninterpolation. Dies bedeutet, daß nur ein Bruchteil der benötigten Koeffizienten gespeichert werden müssen. Die Überwiegende Anzahl der Koeffizienten werden linear interpoliert. Simulationen haben gezeigt, daß bei einer Anzahl von  $N$  benötigten Koeffizienten nur eine Anzahl von  $\sqrt{N}$  gespeicherten Koeffizienten erforderlich ist.

Folglich befindet sich nur jeder  $\sqrt{N}$ -nte Koeffizient in einem Festwertspeicher (ROM). Alle dazwischenliegenden Koeffizienten werden mit Hilfe zwei benachbarter Werte linear interpoliert (Geradengleichung). Die lineare Interpolation gewährleistet eine ausreichende Genauigkeit und läßt sich in digitaler Schaltungstechnik mit relativ geringem Aufwand realisieren. Anschaulich ergibt sich dies aus der Tatsache, daß ein sinusförmiges Signal besonders gut durch lineare Interpolation zwischen äquidistanten Stützstellen angenähert werden kann.

Geht man von einer Tiefpaß-Filterung der Zählergebnisse des AD-Wandlers aus, so ist die erfindungsgemäße FIR-Filterstruktur durch zwei Datenspeicher gekennzeichnet.

Zunächst werden die Diracimpulse, die den Zählergebnissen entsprechen, mit einem digitalen Sinussignal multipliziert. Dadurch wird das Bandpaßsignal wieder in Tiefpaßlage gebracht. Bei einer sehr hohen Auflösung des AD-Wandlers erfordert diese Multiplikation eine sehr große Anzahl an Sinussignalkoeffizienten. Durch die lineare Interpolation reduziert sich erheblich der Speicheraufwand

für die Sinussignalkoeffizienten ( $N \rightarrow \sqrt{N}$ ). Da der AD-Wandler auf einer nichtäquidistanten Abtastung beruht, müssen nicht nur die Ergebnisse der Sinusmultiplikation sondern auch die Zeitwerte (Zählergebnisse) für die Dauer der Impulsantwort des FIR-Filters in einem Arbeitsspeicher (RAM) abgelegt werden. In einem Speicher befinden sich dann die Amplitudenwerte (Amp.-RAM) und in einem weiteren die Zeitwerte (Zeit-RAM). Die sich aus einer äquidistanten Abtastung der Tiefpaßimpulsantwort ergebenden Filterkoeffizienten werden in einem Festwertspeicher (ROM) abgelegt. Zur Reduzierung des Speicheraufwandes werden die Koeffizienten, die zeitlich zwischen den gespeicherten Werten liegen, erfindungsgemäß durch eine lineare Interpolation ermittelt. Diese Maßnahme führt zu einer deutlichen Reduzierung des Speicheraufwandes ( $N \rightarrow \sqrt{N}$ ).

Die Zeitwerte im Zeit-RAM wählen die Entsprechenden Filterkoeffizienten aus, die dann mit den Amplitudenwerten im Amp.-RAM entsprechend multipliziert werden. Wie bei einem gewöhnlichen FIR-Filter werden dann diese Produkte im Akkumulator aufsummiert und bilden dann das Ausgangssignal des FIR-Filters bzw. des AD-Wandlers.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 5 dargestellt. Sie zeigt die Realisierung des FIR-Filters. Das Filter besteht im Wesentlichen aus dem Koeffizientenspeicher für das Sinussignal (Sinus-ROM), dem Speicher für die Filterkoeffizienten (Filter-ROM), den linearen Interpolatoren 1 und 2, der Steuerlogik 1..3 und den Arbeitsspeichern für die Amplitudenwerte (Amp.-RAM) und den Zeitwerten (Zeit-RAM). Ein dem Multiplizierer folgender Akkumulator liefert das Ausgangssignal des FIR-Filters bzw. des AD-Wandlers.

Die Ergebnisse der Hochfrequenzzähler (Patentschrift DE 43 33 908) stellen das Eingangssignal des FIR-Filters (Fig. 5) dar. Den Zählergebnissen, die die Diracstoßfolge repräsentieren, werden zuerst die entsprechenden Sinussignalkoeffizienten zugeordnet. Anschließend werden dann diese ausgewählten Sinussignalkoeffizienten im Amp.-RAM gespeichert. Die Auswahl und Speicherung übernimmt die Steuerlogik SL1. Der lineare Interpolator 1 (Lin.-Interpolator 1) berechnet die fehlenden Koeffizienten zwischen zwei im Sinus-ROM gespeicherten Koeffizienten (Geradengleichung). Der lineare Interpolator kann dabei z.B. mit einfachen Addierern und Bit-Schiebeoperationen realisiert werden.

Gleichzeitig werden die Zählergebnisse im Zeit-RAM gespeichert. Die Anzahl der gespeicherten Werte im Amplituden RAM (Amp.-RAM) als auch im Zeit-RAM hängt dabei von der Länge der Impulsantwort des FIR-Filters ab. Die Steuerlogik SL2 ist sorgt für die korrekte Reihenfolge der Datenspeicherung.

Über die Steuerlogik SL3 werden dann den Zeitwerten die entsprechenden Filterkoeffizienten zugeordnet und an den Multiplizierer weiter geleitet. Der lineare Interpolator 2 bestimmt dabei die Werte zwischen zwei benachbarten Koeffizienten aus dem Filter-ROM (Geradengleichung). Der Multiplizierer bildet das Produkt zwischen den Filterkoeffizienten und den zugeordneten Amplitudenwerten im Amp.-RAM. Der Akkumulator überlagert die Ergebnisse der Multiplikationen und bildet so das Ausgangssignal.

In diesem Beispiel wird von einer Tiefpaßfilterfunktion ausgegangen, weil durch die Zuordnung von Zählergebnissen und Sinussignalkoeffizienten das Bandpaßsignal wieder in den Tiefpaßbereich verschoben wird. Soll das Bandpaßsignal direkt gefiltert werden, so entfällt der gestrichelt eingerahmte Teil in Fig. 5. Allerdings haben Simulationen gezeigt, das dann gegenüber einer Tiefpaßfilterung die Impulsantwort des Bandpaßfilters wesentlich länger sein muß (höhere Sperrdämpfung).

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

Patentansprüche:

- 5
1. Sequentielles, digitales FIR-Dezimierungsfiler für nichtäquidistante Signalabtastungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Koeffizientenspeicher ein linearer Interpolator folgt, der die Koeffizienten zwischen zwei gespeicherten Werten durch lineare Interpolation (Geradengleichung) ermittelt.

10

  2. FIR-Dezimierungsfiler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Eingangswerte in einem Zeitspeicher-RAM und nach entsprechender Multiplikation mit dem Sinussignal in einem Amplitudenspeicher-RAM gespeichert werden.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

5

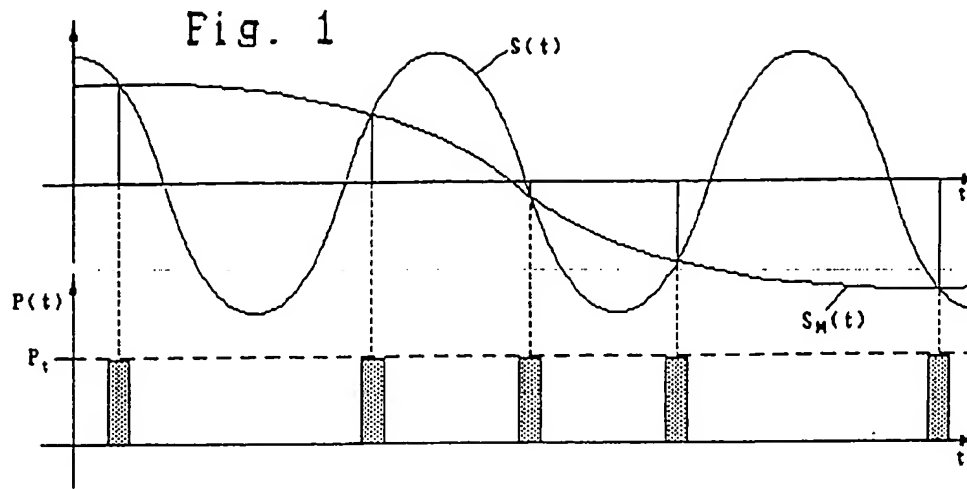
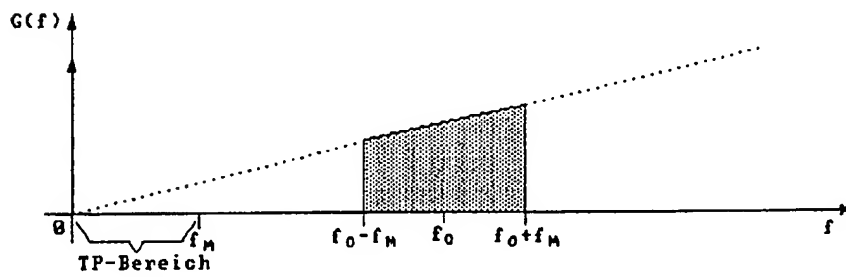
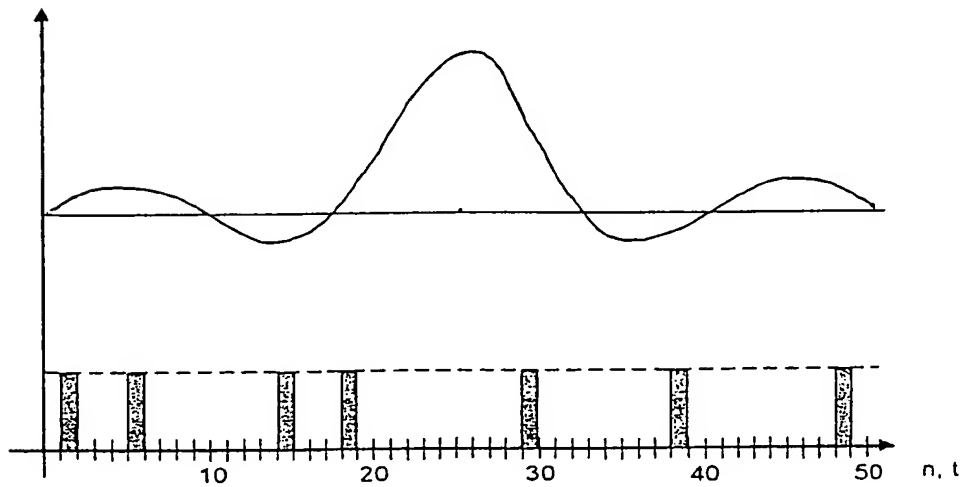


Fig. 2



10

Fig. 3



15

Fig. 4 (bekannt)

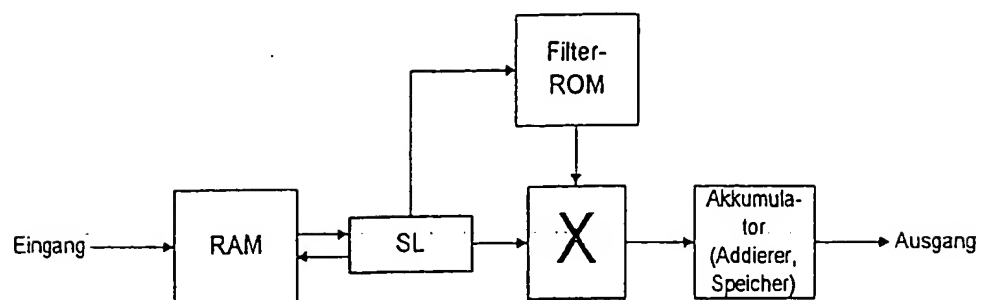
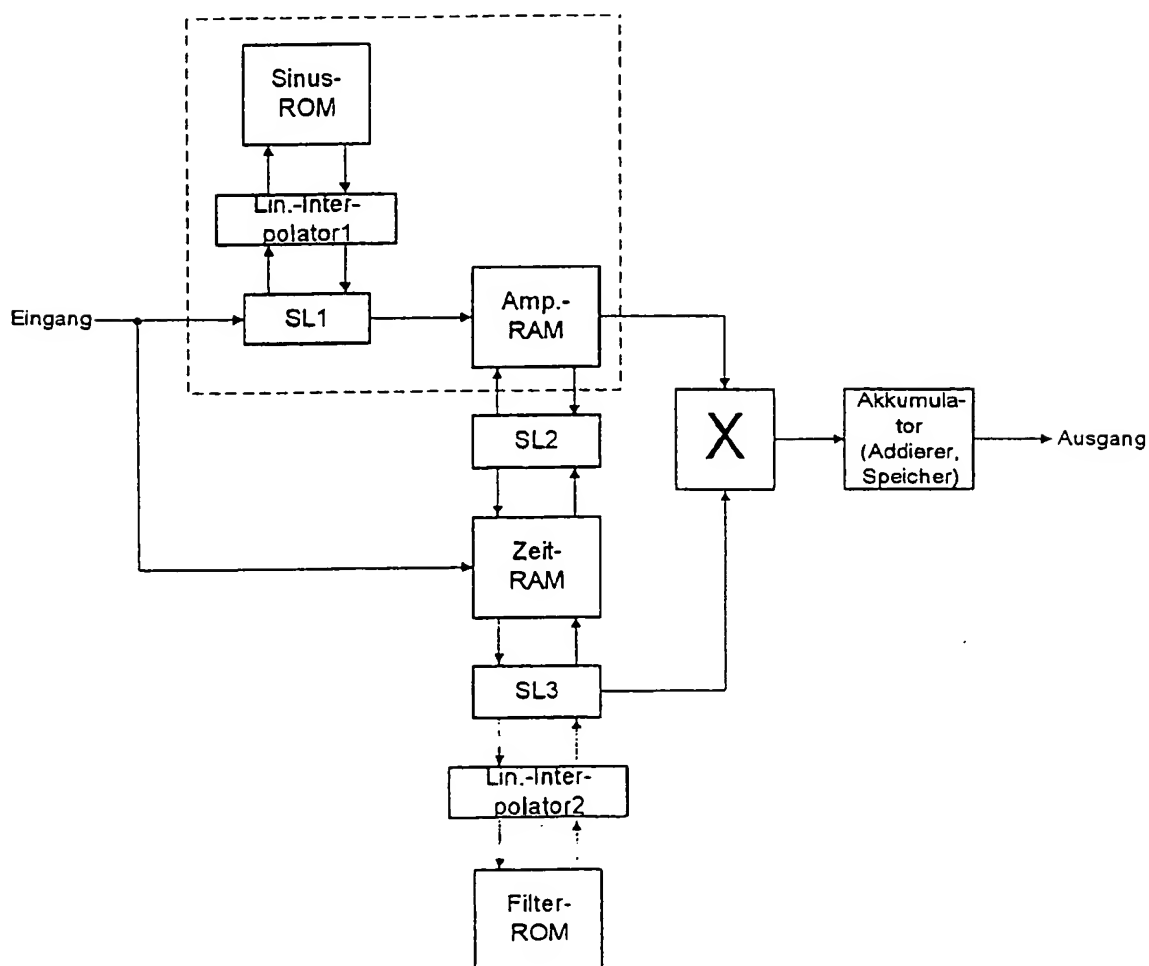


Fig. 5





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/02088

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H03H17/06 H03H17/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 494 214 A (BERNARD FRANCIS S ET AL) 15 January 1985 (1985-01-15)	1
A	column 1, line 60 - column 2, line 14 column 4, line 23 - line 66 figure 2	2
Y	DE 43 33 908 A (BRAUN CHRISTOPH) 6 April 1995 (1995-04-06)	1
A	cited in the application page 2, line 14 - page 5, line 49; figure 4	2
A	US 5 471 411 A (ADAMS ROBERT W ET AL) 28 November 1995 (1995-11-28)	1
	column 7, line 6 - line 29 column 14, line 62 - column 15, line 6 figure 19	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 December 2000

Date of mailing of the international search report

07/12/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

D/L PINTA BALLE., L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inter. Appl. Application No

PCT/DE 00/02088

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4494214 A	15-01-1985	CA 1204170 A	06-05-1986
		EP 0137816 A	24-04-1985
		ES 529283 D	01-04-1985
		ES 8504395 A	01-07-1985
		GB 2135149 A,B	22-08-1984
		IT 1173513 B	24-06-1987
		JP 60500516 T	11-04-1985
		MY 9387 A	31-12-1987
		WO 8403159 A	16-08-1984
DE 4333908 A	06-04-1995	DE 4429701 A	29-02-1996
US 5471411 A	28-11-1995	US 5475628 A	12-12-1995
		US 5666299 A	09-09-1997
		AT 164273 T	15-04-1998
		DE 69317573 D	23-04-1998
		EP 0663118 A	19-07-1995
		EP 0774835 A	21-05-1997
		JP 8502395 T	12-03-1996
		WO 9408395 A	14-04-1994
		US 6141671 A	31-10-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H03H17/06 H03H17/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 494 214 A (BERNARD FRANCIS S ET AL) 15. Januar 1985 (1985-01-15)	1
A	Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 2, Zeile 14 Spalte 4, Zeile 23 - Zeile 66 Abbildung 2	2
Y	DE 43 33 908 A (BRAUN CHRISTOPH) 6. April 1995 (1995-04-06)	1
A	in der Anmeldung erwähnt Seite 2, Zeile 14 - Seite 5, Zeile 49; Abbildung 4	2
A	US 5 471 411 A (ADAMS ROBERT W ET AL) 28. November 1995 (1995-11-28)	1
	Spalte 7, Zeile 6 - Zeile 29 Spalte 14, Zeile 62 - Spalte 15, Zeile 6 Abbildung 19	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Dezember 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/12/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

D/L PINTA BALLE..., L

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02088

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4494214	A	15-01-1985	CA	1204170 A	06-05-1986
			EP	0137816 A	24-04-1985
			ES	529283 D	01-04-1985
			ES	8504395 A	01-07-1985
			GB	2135149 A, B	22-08-1984
			IT	1173513 B	24-06-1987
			JP	60500516 T	11-04-1985
			MY	9387 A	31-12-1987
			WO	8403159 A	16-08-1984
DE 4333908	A	06-04-1995	DE	4429701 A	29-02-1996
US 5471411	A	28-11-1995	US	5475628 A	12-12-1995
			US	5666299 A	09-09-1997
			AT	164273 T	15-04-1998
			DE	69317573 D	23-04-1998
			EP	0663118 A	19-07-1995
			EP	0774835 A	21-05-1997
			JP	8502395 T	12-03-1996
			WO	9408395 A	14-04-1994
			US	6141671 A	31-10-2000